

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

This Page Blank (uspto)

Dielectric line having a line bend with a reflector

Patent Number: DE3122134
Publication date: 1982-12-23
Inventor(s): NEUMANN ERNST GEORG PROF DR RE (DE)
Applicant(s): PHILIPS KOMMUNIKATIONS IND AG (DE)
Requested Patent: ☐ DE3122134
Application Number: DE19813122134 19810604
Priority Number(s): DE19813122134 19810604
IPC Classification: H01P3/16
EC Classification: H01P3/16
Equivalents:

Abstract

A dielectric line for transmitting electromagnetic waves, especially having wavelengths in the optical band, with a line bend, consisting of a first straight line section (4) and a second straight line section (5) which is connected thereto obliquely with respect to its line axis, forming a bend. In this case, a reflector (1), on whose reflective surface the waves are deflected, runs at right angles to the angle bisector (3) of the 180 DEG -

alpha angle formed by the centre axes (M) of the two straight line sections (4, 5).



Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

04.05.81

3122134

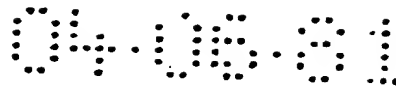
Fl 4617

+

3. Juni 1981

Ansprüche:

- (1.) Dielektrische Leitung zur Übertragung elektromagnetischer Wellen, insbesondere mit Wellenlängen im optischen Bereich mit einem Leitungsknick, bestehend aus einem ersten geraden Leitungsabschnitt und einem zweiten geraden, sich an diesen schräg zu dessen Leitungsachse unter Bildung eines Knicks anschließenden Leitungsabschnitt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß senkrecht zur Winkelhalbierenden (3) des durch die Mittelachsen (M) der beiden geraden Leitungsabschnitte (4,5) gebildeten Winkels $180^\circ - \alpha$ ein Reflektor (1) verläuft, an dessen Reflexionsfläche eine Umlenkung der Wellen erfolgt.
2. Leitung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Reflektor (1) unmittelbar an beiden Leitungsabschnitten (4,5) im Knick anliegt und eine Reflexion der geführten Wellen erfolgt.



3122134

F1 4617

2

3. Juni 1981

3. Leitung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß die beiden Leitungs-
abschnitte (4,5) vor dem Reflektor (1) enden und
die Reflexionsfläche mit den Leitungsenden (12)
einen mit einem homogenen Medium gefüllten Raum
(11) einschließen.
4. Leitung nach Anspruch 3, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß der Schnittpunkt (13)
der Endflächen (12) der beiden Leitungsenden auf
einer Randlinie liegt, wo die elektrische Feld-
stärke auf ca. -30dB abgeklungen ist.
5. Leitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1
bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Reflexionsfläche als Metalloberfläche
ausgebildet ist.
6. Leitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1
bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Reflexionsfläche aus einem Interferenz-
spiegel besteht.
7. Leitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1
bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Reflexionsfläche aus einer totalreflektie-
renden dielektrischen Grenzfläche besteht.
8. Leitung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß zur Kompensation
des Goos-Hänchen-Effektes die Reflexionsfläche
derart aus dem Schnittpunkt der Leitungsachsen
(M) heraus zur Knickinnenseite hin parallel ver-
schoben ist, daß die Mittelachse (M) des zweiten

04.06.81

3122134

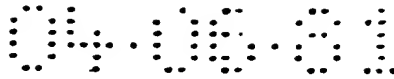
F1 4617

3

3. Juni 1981

Leitungsabschnittes (5) mit der Längsachse der totalreflektierten Strahlwelle zusammenfällt.

9. Leitung nach Anspruch 7 oder 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die totalreflektierende dielektrische Grenzfläche eine Wand einer in die Oberfläche eines Substrats (2) einer integrierten optischen Schaltung eingearbeiteten grabenförmigen Ausnehmung (10) ist, die mit einem Material mit einem geringeren Brechungsindex als der Kern (6) gefüllt ist.
10. Leitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der von den beiden Mittelachsen (M) der Leitungsabschnitte (4,5) gebildete Winkel 90° beträgt.
11. Leitung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Unterschied zwischen den Brechungsindizes von Kern (6) und Mantel (7) der Leitungsabschnitte (4,5) gering ist.



3122134

4

Fl 4617

4

3. Juni 1981

Dielektrische Leitung mit einem Leitungsknick mit
Reflektor

Die vorliegende Erfindung betrifft eine dielektrische Leitung mit einem Leitungsknick zur Übertragung elektromagnetischer Wellen, insbesondere mit Wellenlängen im optischen Bereich, bestehend aus einem ersten geraden Leitungsabschnitt und einem zweiten geraden, sich an diesen schräg zu dessen Leitungsachse unter Bildung eines Knicks anschließenden Leitungsabschnitt.

Dielektrische Leitungen finden bei Mikrowellenfrequenzen und optischen Frequenzen Anwendung zur Führung von elektromagnetischer Feldenergie längs eines - mit Einschränkungen - beliebig wählbaren Weges. Es ist bekannt, daß an Knickstellen im Zuge einer dielektrischen Leitung Leistungsverluste durch Abstrahlung auftreten (E.-G. Neumann u. H.-D. Rudolph, Appl. Phys. 8 (1975) 107-116; Losses from corners in dielectric rod or optical fibre waveguides).

Zur Verminderung der unerwünschten Dämpfung ist es bekannt, den Knickwinkel auf genügend kleine Werte,

z.B. unter 1° , zu verringern. Diese Lösung hat jedoch insbesondere in der Technik der Integrierten Optik (L. D. Hutcheson, I. A. White and J. J. Burke, Optics Letters, 5 (1980) 276-278: Comparison of bending losses in integrated optics circuits) den Nachteil, daß die Verbindungsleitungen zwischen den optischen Komponenten lang werden und daß die Anzahl der auf einem Chip gegebener Abmessungen integrierbaren Funktionen begrenzt wird. Wenn größere Knickwinkel und damit höhere Verluste zugelassen werden, besteht die Gefahr, daß die von einem Knick abgestrahlte Welle zum Teil an einem anderen Knick in eine geführte Welle rekonvertiert wird, daß es also zu unerwünschtem Übersprechen zwischen verschiedenen dielektrischen Leitungen kommt.

Eine andere vorgeschlagene Maßnahme, siehe Patentanmeldung P 31 07 235.6, besteht darin, daß man in der Umgebung des Knicks das transversale Brechzahlprofil der dielektrischen Leitung so modifiziert, daß der Wert der lokalen Phasengeschwindigkeit auf der Innenseite relativ zu dem Wert auf der Außenseite des Knicks verringert wird. Dadurch erreicht man eine Schwenkung der Phasenfronten, eine Änderung der Energieausbreitungsrichtung und damit eine Verringerung der Dämpfung durch den Knick. Diese zweite Maßnahme erscheint besonders gut geeignet für Knicke mit nicht zu großen Knickwinkeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei dielektrischen Leitungen der eingangs beschriebenen Art an Knicken, und zwar weitgehend unabhängig von der Größe des Knickwinkels, die Ausbreitungsrichtung der Wellen mit auf engstem Raum verwendbaren Mitteln derart zu

Fl 4617

3

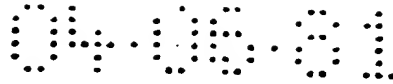
3. Juni 1981

beeinflussen, daß geringste Abstrahlungsverluste erreicht werden.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß senkrecht zur Winkelhalbierenden des durch die Mittelachsen der beiden geraden Leitungsabschnitte gebildeten Winkels $180^\circ - \alpha$ ein Reflektor verläuft, an dessen Reflexionsfläche eine Umlenkung der Wellen erfolgt. Der Reflektor kann aus der Grenzfläche zwischen Dielektrikum und Metall bestehen, aus dielektrischen Mehrfachschichten (Interferenzspiegel) oder einer totalreflektierenden Grenzfläche zwischen zwei Dielektrika.

Unter dielektrischer Leitung im Sinne der Erfindung wird jede der möglichen Ausführungsformen verstanden, z.B. die dielektrische Stableitung (dielectric rod waveguide) oder Bildleitung (image line) der Mikrowellentechnik, die Filmleitung (slab waveguide) oder Streifenleitung (strip waveguide) der integrierten Optik oder eine Faserleitung (optical fiber waveguide) beliebigen Brechzahlprofils der optischen Nachrichtentechnik. Die Frequenz der geführten elektromagnetischen Welle kann beliebig sein. Die dielektrische Leitung kann einwellig oder mehrwellig sein; vorwiegend ist die Erfindung jedoch bedeutungsvoll für dielektrische Leitungen, die nur den Grundmodus (oder die beiden orthogonal polarisierten Grundmoden) führen können. Im folgenden wird daher stets die Grundwelle vorausgesetzt.

Die Erfindung geht davon aus, daß die Grundwelle an einer geraden dielektrischen Leitung eine ebene



3122134

7

Fl. 4617

+

3. Juni 1981

elektromagnetische Welle mit endlicher Feldausdehnung in einer (Filmwelle) bzw. zwei (Streifenleitung, Faser) Richtungen transversal zur Ausbreitungsrichtung ist. Im Englischen bezeichnet man eine solche Welle als "wave beam"; im Deutschen als Strahlwelle. Die transversale Verteilung der Feldstärke in einer Strahlwelle läßt sich näherungsweise gut durch eine Gaußfunktion mit der Breite w_0 beschreiben. Die Feldweite w_0 (spot size) bezeichnet den transversalen Abstand der Punkte von der Strahlwellenachse, in denen die Feldstärke um den Faktor $1/e = 0.37$ kleiner ist als auf der Achse. Da die Phasengeschwindigkeit an Stellen relativ großer Feldstärke etwas vergrößert ist (D. Gloge, A.E.Ü. 18 (1964) 451-452: Bündelung kohärenter Lichtstrahlen durch ein ortsabhängiges Dielektrikum), hat eine Strahlwelle in einem homogenen Medium die Tendenz, sich aufzuweiten (Beugung). Durch die Erhöhung des Brechungsindex in der Umgebung der Strahlwellenachse wird in einer dielektrischen Leitung dem Effekt der Beugung entgegengewirkt, so daß der Strahlwellendurchmesser sich längs der Strahlwelle nicht vergrößert. Die Phasenfronten bleiben Ebenen senkrecht zur Strahlwellenachse. Diese fällt bei einer geraden dielektrischen Leitung mit der Leitungsachse zusammen. Der zeitliche Mittelwert des Poynting-Vektors, der die lokale Richtung des Energieflusses und die Intensität der Strahlung angibt, steht senkrecht auf den Wellenfronten (E.-G. Neumann u. H.-D. Rudolph, Electron. Lett. 10 (1974) 446-447; Poynting's vector and the wavefronts near a plane conductor). Die Leistung fließt daher nur parallel zur Leitungsachse.

Fl 4617

5

3. Juni 1981

Nach der Erfindung soll durch den Effekt der Reflexion der Wellen an einer Reflexionsfläche im Knickbereich eine möglichst verlustfreie Umlenkung erfolgen. Diese erfindungsgemäße Lehre ist aber für den Fachmann aufgrund der bisherigen Kenntnisse nicht zu erwarten gewesen. Zwar ist z. B. die Totalreflexion einer homogenen ebenen Welle an einer ebenen Grenzfläche ein bekannter Effekt in der Optik, jedoch bietet sich die Übertragung dieses Effektes auf das vorliegende Gebiet nicht ohne weiteres an. Denn in dem Fall, daß in einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung der Reflektor unmittelbar an beiden Leitungsabschnitten im Knick anliegt und eine Reflexion der geführten Wellen erfolgt, durchdringt die einfallende Strahlwelle den Kern des zweiten Leitungsabschnitts hinter dem Knick und die z. B. totalreflektierte Strahlwelle durchdringt den Kern des ersten Leitungsabschnitts. Dies bewirkt eine Störung der Ebenheit der Phasenfronten, d.h. es treten Beugungsverluste auf, so daß der Fachmann grundsätzlich davon ausgehen muß, daß die erfindungsgemäße Anordnung nicht geeignet ist, um geringste Abstrahlungsverluste zu gewährleisten, und somit eine derartige Anordnung von vornherein ausgeschlossen hat, was auch die bisher vorgeschlagenen, viel aufwendigeren Maßnahmen des Standes der Technik beweisen. Überraschenderweise hat sich nun das Gegenteil herausgestellt, und hierbei beruht die Erfindung auf der Erkenntnis, daß der überwiegende Leistungsteil im Kern der dielektrischen Leitung übertragen wird, so daß die Dämpfung durch Abstrahlung sehr gering bleibt, insbesondere dann, wenn sich die Brechungsindizes von Kern und Mantel nur wenig unterscheiden. Hierbei kommen



3122134

g

Fl 4617

6

3. Juni 1981

Brechungsindizes für den Kern von z.B. 1,5 und für den Mantel von z.B. 1 bis 1,49 in Frage, wobei grundsätzlich gilt $n_2 < n_1$ und das Verhältnis $(n_1 - n_2)/n_1 = 0,001$ oder noch kleiner sein darf. Weiterhin ergibt sich, daß die Störung durch den Kern der jeweils quer durchstrahlten Leitung um so geringer ist, je mehr sich der Knickwinkel α einem rechten Winkel nähert.

Auch wenn in einer anderen vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung die beiden Leitungsabschnitte vor dem Reflektor enden und die Reflexionsfläche mit den Leitungsenden einen mit einem homogenen Medium gefüllten Raum einschließen, war nicht zu erwarten, daß das erfindungsgemäße Reflexionsprinzip anwendbar ist. Denn beim Austritt der geführten Welle in das homogene Medium erfolgt eine Aufweitung, d. h. Beugung der Strahlwelle, was aber zu einer Intensitätsverringering führt. Darüber hinaus soll möglichst beim Einkoppeln in dielektrische Leitungen das einzukoppelnde Signal möglichst den gleichen Wellenverlauf, d. h. die gleiche Wellenform aufweisen, wie die in der dielektrischen Leitung später geführte Welle. Diese Bedingung ist aber beim Einkoppeln der freien aufgeweiteten Welle nach der Reflexion an der im homogenen Medium liegenden Reflexionsfläche nicht mehr erfüllt, so daß der Fachmann weitere Verluste erwarten muß. Aufgrund dieser insgesamt auftretenden Verluste ist offensichtlich stets das Reflexionsprinzip von vornherein ausgeschlossen worden.

Weitere vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 4 bis 11 enthalten. Insgesamt wird durch die Erfindung sichergestellt, daß auch bei einer abrupten Änderung der Ausbreitungsrichtung der

Fl 4617

7

3. Juni 1981

Strahlwelle geringste Abstrahlverluste auftreten.

Anhand der in den beiliegenden Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele wird die Erfindung nun näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipansicht einer erfindungsgemäß ausgestalteten geknickten dielektrischen Leitung in einem Körper der integrierten Optik,

Fig. 2 eine Aufsicht auf eine Ausführungsform eines Elementes gemäß Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt entlang der Schnittlinie III-III in Fig. 2,

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen dielektrischen Leitung,

Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen dielektrischen Leitung.

Das in Fig. 1 dargestellte erfindungsgemäße Prinzip zeigt den für die Optik besonders wichtigen Fall, daß ein Reflektor 1 auf dem Prinzip der Totalreflexion basiert. Dieser Reflektor ist die ebene Grenzfläche zwischen einem dielektrischen Körper 2 mit der Brechzahl n_2 und einem Medium mit einem kleineren Brechungsindex n , vorzugsweise Luft mit $n=1$, und verläuft senkrecht zu einer Winkelhalbierenden 3 des durch die Mittelachse M zweier gerader Leitungsabschnitte 4, 5 von dielektrischen Leitungen gebildeten Winkels $180^\circ - \alpha$, wobei an der Reflexionsfläche des Reflektors 1 eine Umlenkung der beispielsweise im Leitungsabschnitt 4 geführten Strahlwelle erfolgt. α ist hierbei der Knickwinkel, der Null beträgt, wenn kein Knick vorhanden ist. Die dielektrischen Leitungsabschnitte 4, 5 besitzen einen Kern 6 mit der Brechzahl n_1 und

einen Mantel 7, der von dem Körper 2 gebildet wird, wobei gilt $n_2 < n_1$. Im dargestellten Beispiel ist der Reflektor 1 als totalreflektierende Grenzfläche ausgebildet. Die vorliegende Erfindung geht davon aus, daß sich die Grundwelle einer dielektrischen Leitung ähnlich wie ein freier Gaußscher Strahl verhält, so daß auch die Grundwelle an einer ebenen Grenzfläche Totalreflexion erleidet, falls sich die Welle im Medium mit größerem Brechungsindex ausbreitet und falls der Einfallswinkel θ (Winkel zwischen der Achse der ankommenden Leitung und der bereits erklärten Winkelhalbierenden) größer als der Grenzwinkel θ_c für Totalreflexion ist ($\sin \theta_c = 1/n_1$). Die Achse der totalreflektierten Strahlwelle bildet nach dem Reflexionsgesetz mit der Winkelhalbierenden den gleichen Winkel θ , ist aber wegen des sogenannten Goos-Hänchen-Effektes (A. W. Snyder and J. D. Love, Appl. Opt. 15 (1976) 236-238: Goos-Hänchen shift) gegenüber einem an der Grenzfläche geometrisch reflektierten Strahl um eine Strecke längs der Grenzfläche verschoben. Der Betrag dieser Goos-Hänchen-Verschiebung läßt sich aus der Literatur entnehmen. Der Effekt spielt insbesondere bei Werten des Einfallswinkels in der Nähe des kritischen Wertes eine Rolle, d.h. für $\theta \approx \theta_c$. Unter Berücksichtigung dieses Goos-Hänchen-Effektes ist die Reflektorfläche 1 in Richtung auf die Innenseite des Knickes derart verschoben, daß die Achse des Leitungsabschnittes 5 mit der Achse der totalreflektierten Strahlwelle zusammenfällt. Der Knickwinkel α hängt mit dem Einfallswinkel θ in folgender Weise zusammen:

12

F1 4617

9

3. Juni 1981

$$\alpha = \pi - 2\theta \quad (1)$$

Aus der Bedingung

$$\theta_c \leq \theta \leq \pi/2 \quad (2)$$

folgt für die zulässigen Werte des Knickwinkels das Intervall:

$$\theta \leq \alpha \leq \pi - 2\theta_c. \quad (3)$$

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigen Fig. 2 und 3 mit einem 90°-Knick in einer bündig versenkten Streifenleitung aus den Leitungsabschnitten 4, 5 der integrierten Optik. Um den totalreflektierenden Reflektor 1 zu erzeugen, wird in die Oberfläche des Substrats 2 ein luftgefüllter Graben 10 eingearbeitet, z. B. durch die Technik des "Ion Milling". Die den Leitungen 4, 5 zugewandte Grabenwand dient als Reflexionsfläche, wobei die Anordnung gemäß Fig. 1 ausgeführt ist. Die Oberfläche dieser Grabenwand sollte möglichst plan sein und normal zur Oberfläche des Körpers 2 ausgerichtet sein. Die Grabentiefe muß der Feldausdehnung normal zur Substratoberfläche entsprechen. Die Grabenbreite muß mindestens so groß gewählt werden, daß die Feldstärke der inhomogenen Welle in Luft an der äußeren Grabenwand verschwindend klein ist. Für Betriebswellenlängen um 1 µm werden Werte der Grabentiefe und Grabenbreite von 10 µm i. a. ausreichen. Die Länge des Grabens ist so groß zu wählen, daß an seinen Enden die Feldstärken der beiden Strahlwellen vernachlässigbar klein sind. Dies wird sicher der Fall sein, wenn die

Grabenlänge gleich $10 w_0 / \cos \theta$ gewählt wird.

Falls man annimmt, daß der Brechungsindex n_1 des dielektrischen Streifens 1,5 ist, errechnet sich der Grenzwinkel der Totalreflexion zu $\theta_c = 41,8^\circ$. Damit Totalreflexion sichergestellt ist, muß in dem gewählten Beispiel der Knickwinkel α kleiner als $96,4^\circ$ bleiben

Als zweites Ausführungsbeispiel zeigt Fig. 4 einen Knick mit metallischem Reflektor 1, wobei funktionsgleiche Teile wie in Fig. 1 mit denselben Bezugsziffern versehen sind. Diese Ausführung ist besonders für die Mikrowellentechnik geeignet, in der eine dielektrische Leitung üblicherweise aus einem dielektrischen Stab besteht, der von Luft umgeben ist. Da der Goos-Hänchen-Effekt bei der Reflexion an einer Metallfläche nicht auftritt, muß der Schnittpunkt der Leitungsachsen auf der Spiegeloberfläche liegen. Mit dieser Konstruktion sind beliebige Knickwinkel zwischen 0° und 180° möglich.

Ein ausgeführter 50° -Knick mit Messingreflektor zeigte bei der Frequenz 9 GHz eine Dämpfung von unter 1 Dezibel. Ohne Reflektor betrug die Dämpfung 11 dB. Die dielektrische Leitung bestand aus einem rechteckigen Polyäthylenstab mit dem Querschnitt 10 mm x 12 mm.

In Fig. 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Leitung dargestellt, wobei die beiden Leitungsabschnitte 4, 5 vor dem Reflektor 1 enden und die Reflexionsfläche mit den Leitungsenden 4, 5 einen mit einem homogenen Medium gefüllten Raum 11 einschließen. Das den Raum 11 ausfüllende Medium kann

04.05.81

3122134

14

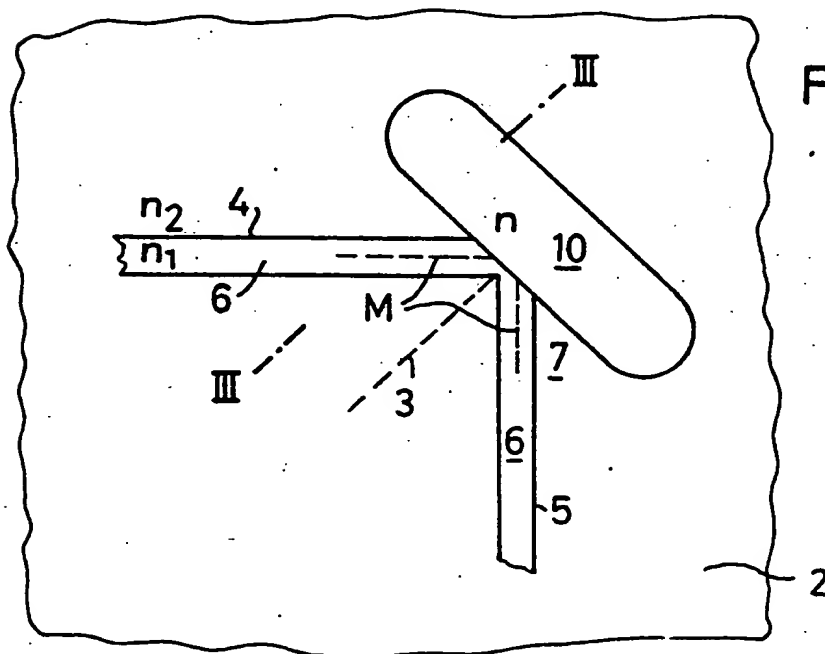
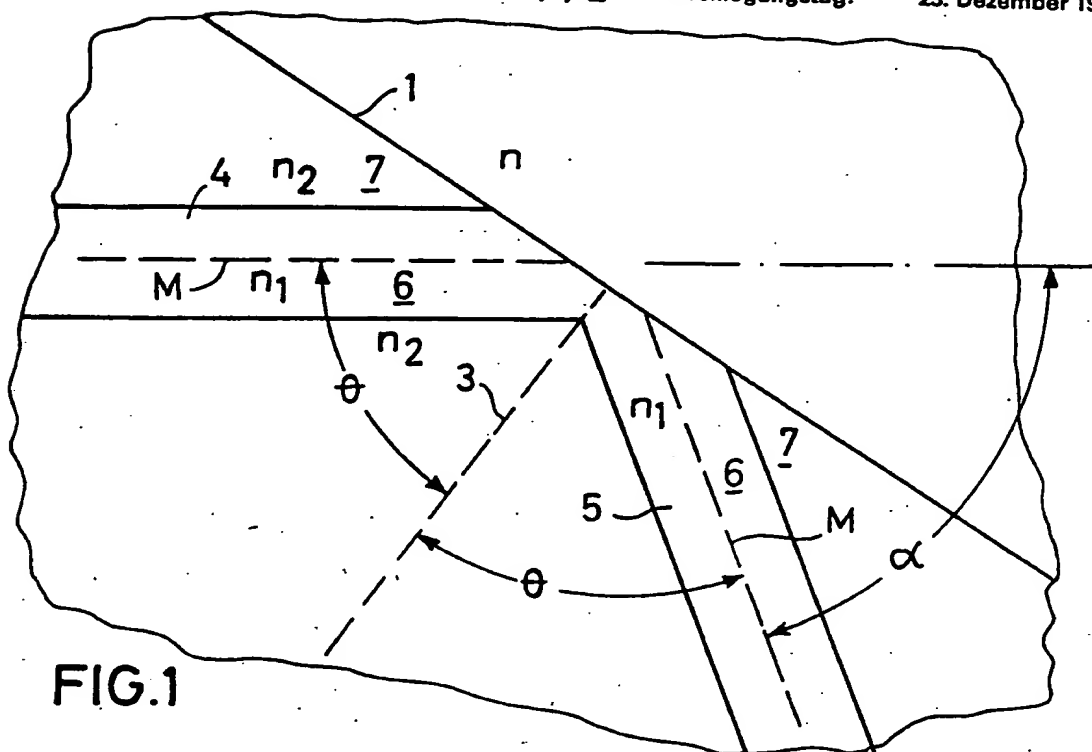
Fl 4617

M

3. Juni 1981

aus dem Kernmaterial der dielektrischen Leitungsabschnitte 4, 5 oder aber aus dem Mantelmaterial bestehen. Die Anordnung des Reflektors 1 entspricht derjenigen, wie sie in Fig. 4 dargestellt ist, so daß sich die beiden Mittelachsen der Leitungsabschnitte 4, 5 auf der Reflektoroberfläche schneiden und der Reflektor selbst senkrecht zur Winkelhalbierenden 3 verläuft. Die Endflächen 12 der beiden Leitungsabschnitte 4, 5 bilden einen Schnittpunkt 13, der auf einer Randlinie liegt, wo die elektrische Feldstärke auf vorzugsweise ca. -30dB abgeklungen ist, wozu es erforderlich ist, daß der Schnittpunkt 13 ca. $2w_0$ von den beiden Leitungsachsen entfernt ist.

15
Leerseite



04.06.81

- 2/2 -

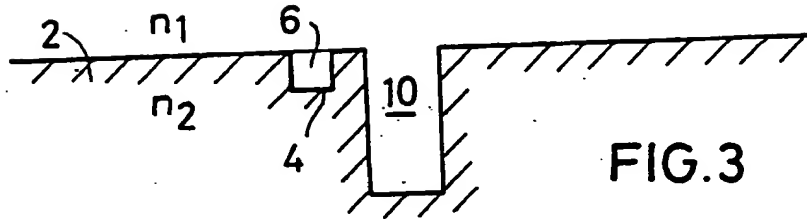


FIG. 4

